

**ANGULAR VELOCITY SENSOR**

**Publication Number:** 08-219795 (JP 8219795 A) , August 30, 1996

**Inventors:**

- HASEGAWA TOMOYASU
- MOCHIDA YOICHI
- MORIYA KAZUFUMI
- ATSUJI KENICHI
- TANAKA KATSUHIKO

**Applicants**

- MURATA MFG CO LTD (A Japanese Company or Corporation), JP (Japan)

**Application Number:** 07-046577 (JP 9546577) , February 10, 1995

**International Class (IPC Edition 6):**

- G01C-019/56
- G01P-009/04

**JAPIO Class:**

- 46.1 (INSTRUMENTATION--- Measurement)
- 26.2 (TRANSPORTATION--- Motor Vehicles)

**JAPIO Keywords:**

- R020 (VACUUM TECHNIQUES)
- R044 (CHEMISTRY--- Photosensitive Resins)
- R059 (MACHINERY--- Freeze Drying)

**Abstract:**

**PURPOSE:** To prevent the fixing from occurring when manufacturing by providing a protrusion for assuring an infinitesimal gap between the diaphragm and the board of an angular velocity sensor.

**CONSTITUTION:** A plurality of protrusions 34 are formed at the part where a diaphragm 7 is disposed on a board 32. The diaphragm 7 is alternately vibrated in the directions indicated by arrows A1 and A2 by vibration generators 11. When an angular velocity occurs around an Y-axis, the diaphragm 7 is vibrated in the directions indicated by arrows F1 and F2 by a Coriolis' force. The velocity is detected by this displacement. An infinitesimal gap is always assured between the board 32 and the diaphragm 7 by the protrusions 34, and when manufacturing in the drying step, the diaphragm 7 is prevented from being brought into close contact with the board 32 to be fixed.

**JAPIO**

© 2005 Japan Patent Information Organization. All rights reserved.

<http://toolkit.dialog.com/intranet/cgi/present?STYLE=1360084482&PRESENT=DB=347,AN=526...> 1/21/2005



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-219795

(43) 公開日 平成8年(1996)8月30日

| (51) Int.Cl. <sup>6</sup> | 識別記号 | 庁内整理番号  | F I           | 技術表示箇所 |
|---------------------------|------|---------|---------------|--------|
| G 0 1 C 19/56             |      | 9402-2F | G 0 1 C 19/56 |        |
| G 0 1 P 9/04              |      |         | G 0 1 P 9/04  |        |

審査請求 未請求 請求項の数5 F D (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願平7-46577

(22) 出願日 平成7年(1995)2月10日

(71) 出願人 000006231

株式会社村田製作所

京都府長岡京市天神二丁目26番10号

(72) 発明者 長谷川 友保

京都府長岡京市天神二丁目26番10号 株式  
会社村田製作所内

(72) 発明者 持田 洋一

京都府長岡京市天神二丁目26番10号 株式  
会社村田製作所内

(72) 発明者 森屋 和文

京都府長岡京市天神二丁目26番10号 株式  
会社村田製作所内

(74) 代理人 弁理士 広瀬 和彦

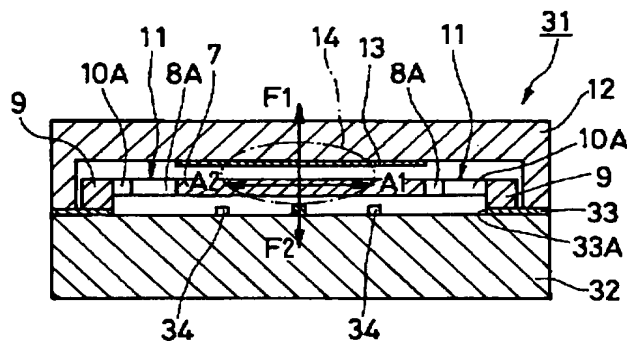
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 角速度センサ

(57) 【要約】

【目的】 角速度センサの振動板と基板との間に微小隙間を確保する突起部を設け、製造時における固着を防止する。

【構成】 基板32上に振動板7が位置する部分に複数個の突起部34、34、…を形成する。振動板7は各振動発生部11によって矢示A1、A2方向に交互に振動し、このときY軸回りの角速度が生じると、コリオリ力によって振動板7は矢示F1、F2方向に振動する。そして、この変位により角速度を検出する。また、各突起部34によって基板32と振動板7との間には微小隙間が常に確保でき、製造時における乾燥工程では、振動板7と基板32との間が密着して固着するのを防止できる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板と、該基板に支持梁を介して支持され、該基板に対して水平方向と垂直方向に振動可能に設けられた振動板と、該振動板を前記基板に対し水平方向に振動させる振動発生手段と、該振動発生手段によって前記振動板に水平方向に振動を与えている状態で、コリオリ力による該振動板の垂直方向への変位を検出する変位検出手段とからなる角速度センサにおいて、互いに対向する前記基板と前記振動板との間には、少なくとも一方から他方に向けて突出し、該基板と振動板との間に微小隙間を確保する突起部を形成したことを特徴とする角速度センサ。

【請求項2】 前記突起部は、前記基板の表面に形成した絶縁膜をエッチングすることにより形成してなる請求項1記載の角速度センサ。

【請求項3】 前記基板には、前記振動板を内側に収容するように施蓋するカバーを設け、該カバーに前記変位検出手段を設けてなる請求項1または2記載の角速度センサ。

【請求項4】 前記基板を単結晶のシリコン材料によって形成し、前記支持梁および振動板をポリシリコン材料によって形成してなる請求項1、2または3記載の角速度センサ。

【請求項5】 前記基板上には、前記突起部を覆うように犠牲層を形成し、さらにリフローを施してなる請求項1、2、3または4記載の角速度センサ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、例えば車両や航空機等の回転方向、姿勢等を検出するのに用いて好適な角速度センサに関する。

## 【0002】

【従来の技術】従来技術による角速度センサを図16ないし図25に基づいて述べる。

【0003】図中、1は従来技術による角速度センサ、2は該角速度センサ1の本体をなすように高抵抗を有する単結晶のシリコン材料によって長方形の板状に形成された基板をそれぞれ示し、該基板2の表面には酸化シリコンによる絶縁膜3が形成されている。

【0004】4は基板2上にP、B、Sb等がドーピングされた低抵抗のポリシリコンによって形成された可動部を示し、該可動部4は長手方向に対向して絶縁膜3を介して設けられた一対の支持部5、5と、該各支持部5の両端から中央部に向けて長手方向（Y軸方向）に伸長する4本の支持梁6、6、…と、該各支持梁6によって支持された振動板7とからなり、X軸方向となる該振動板7の左、右両側面には複数の電極板8A、8A、…

（5本）からなる可動側くし状電極8、8が突出形成されている。また、各支持部5のみが基板2に固着され、各支持梁6と振動板7は前記基板2から浮いた状態で保

持され、振動板7は基板2と平行となるように矢示A1、A2方向の横振動を起すようになっている。

【0005】9、9は基板2上に振動板7を挟むように絶縁膜3を介して設けられた一対の固定部を示し、該各固定部9には前記可動側くし状電極8、8と対向する面に電極板10A、10A、…（5本）を有する固定側くし状電極10が形成されている。

【0006】11、11は振動発生手段となる振動発生部を示し、該各振動発生部11は可動側くし状電極8と固定側くし状電極10とから構成され、該電極8、10の電極板8A、10Aとの間には隙間が形成されている。ここで、可動側くし状電極8と各固定側くし状電極10との間に周波数fの振動駆動信号を印加すると、各電極板8A、10A間には静電力が発生し、この静電力によって振動板7が矢示A1、A2方向に同じ大きさで交互に基板2と水平方向の振動を行うようになっている。

【0007】12は可動部4、固定部9等を上側から施蓋するカバーを示し、該カバー12はガラス材料、セラミック、樹脂等の絶縁材料によって形成され、外部から異物や液体が侵入するのを防止するようになっている。また、該カバー12の内側中央は凹状に形成され、その内側に可動部4、固定部9等を収容するようになっている。さらに、該カバー12の凹部中央には白金-金-クロムまたはクロム-金等からなる検出用電極板13が着膜形成されている。

【0008】14は変位検出手段となる変位検出部を示し、該変位検出部14は振動板7と検出用電極板13とから構成され、前記振動板7と検出用電極板13との離間寸法の変位を、検出用電極板13と振動板7との静電容量の変化として検出するようになっている。

【0009】このように構成される角速度センサ1においては、各振動発生部11に振動駆動信号を印加すると、前記振動板7は矢示A1、A2方向に同じ大きさで交互に基板2に対して水平方向の振動を行い、この状態でY軸周りに角速度Ωが加わると、互いに逆向きの高さ方向にF1、F2というコリオリ力（慣性力）が交互に発生する。

【0010】ここで、各振動発生部11による振動板7の水平方向の変位xと速度Vは、次の数1のようになる。

## 【0011】

$$\text{【数1】 } x = A \sin((2\pi f)t)$$

$$V = A(2\pi f) \cos((2\pi f)t)$$

ただし、A：振幅

f：振動駆動信号の周波数

【0012】さらに、コリオリ力F1、F2は数2のようになる。

## 【0013】

$$\text{【数2】 } F1 = F2 = 2m\Omega V = 2m\Omega \times A(2\pi f)$$

$\cos((2\pi f)t)$

ただし、 $m$ ：振動板7の質量

【0014】そして、図16および図18に示すように、振動板7は数2の力で上下に振動し、この振動板7による振動変位を検出用電極板13と振動板7との間の静電容量の変化として検出し、角速度 $\Omega$ を検出する。

【0015】次に、図20ないし図25に基づいて前述した角速度センサ1の製造方法について述べる。

【0016】まず、絶縁膜製造工程では、図20に示すような高抵抗なシリコン基板21を用いて、該シリコン基板21の表面に酸化膜または窒化膜からなる絶縁膜22を着膜形成する(図21参照)。なお、前記シリコン基板21には、通常直径7.5~15.5cm程度で、厚さが300 $\mu$ m程度のシリコンウェハが用いられ、角速度センサ1を製造する際に、1枚のシリコンウェハから複数個の角速度センサ1を一度に製造するようにしている。

【0017】次に、犠牲層形成工程では、図22に示すように、CVD等の手段によって、リンドーブSiO<sub>2</sub>膜からなる犠牲層23をシリコン基板21の絶縁膜22上に形成する。

【0018】また、シリコン層形成工程では、図23に示すように、CVD等の手段によって、ポリシリコン層24をシリコン基板21上の絶縁膜22または犠牲層23上に形成する。なお、前記ポリシリコン層24はリン等を拡散することにより低抵抗に形成されている。また、エッチング処理によってパターンニングし、前記ポリシリコン層24に可動部4、固定部9等を分離形成する。

【0019】さらに、犠牲層除去工程では、図24に示すように、ウェットエッチング等の手段によって犠牲層23を除去した後に、洗浄・乾燥する。

【0020】上述した製造工程により、基板21上に絶縁膜22を介してポリシリコン層24による可動部4、固定部8が形成される。さらに、図25に示すように、カバー接合工程では、カバー12をシリコン基板21上に陽極接合または接着剤等によって接合することにより、角速度センサ1が完成する。

【0021】このように形成される角速度センサ1においては、図16および図18に示すように、振動板7は数2のコリオリ力によって上、下に振動し、この振動板7による振動変位を検出用電極板13と振動板7との間の静電容量の変化として検出し、角速度 $\Omega$ を検出するようになっている。

【0022】

【発明が解決しようとする課題】ところで、上述した角速度センサ1の製造方法では、図24による犠牲層除去工程後における乾燥工程で、シリコンの製造方法で通常用いられる方法として、シリコン基板21を高速に回転させ水分を飛散させる(スピンドライ)方法が用いられ

ている。

【0023】この方法は、シリコン基板21の製造や、フォトリソグラフィ工程等の際に良く用いられるものであり、この方法であると、犠牲層23があった部分に入り込んだ液体の表面張力があるために、水分が飛散する過程でシリコン基板21と振動板7との間の水が飛散せずに蒸発して接着してしまうという危険性がある。

【0024】そして、シリコン基板21と振動板7とが接着してしまうと、振動板7が可動せず角速度センサ1として機能できず、歩留りを低下させてしまうという問題がある。

【0025】そこで、前述したスピンドライ方法による不具合を解消するために、例えば、洗浄後、純水を融点の高い好適な溶媒(例えば、2-メチル-2-プロパノール)に置換させ、この溶媒を凍結させて固体にし、この後真空装置に入れ固体を昇華させるという、凍結乾燥という方法もある。

【0026】しかし、この方法では、シリコン基板21と振動板7との間が固体となり、昇華により除去する表面張力が働かず、接着を防止することができる。

【0027】さらに、二酸化炭素の超臨界状態を利用して乾燥させる方法も知られている(Gregory T. Mullem他 'Supercritical Carbon Dioxide Drying of Microstructures', Sensor and Actuators(1993))。

【0028】しかし、上記凍結乾燥は素子洗浄後に溶媒(2-メチル-2-プロパノール)へ置換する工程において、一番重要な素子振動板7とシリコン基板21との空間が非常に狭い数 $\mu$ mとなっているため、完全に置換されるまでかなりの時間を費やす。例えば、空間が1 $\mu$ mで振動板7の大きさが500 $\mu$ m角程度であった場合には、数時間を要する場合もある。この溶媒の置換が不十分であると、残った水が凍結せずその表面張力により振動板7がシリコン基板21に接着することが考えられ、以上のように作業手順が増え手間がかかるという問題がある。

【0029】さらに、臨界点を越えた状態を利用する乾燥方法では、作業工程が増加すると共に、それ専用の装置が必要となりコスト高となる等の問題がある。

【0030】一方、完成した角速度センサ1においても、基板2と振動板7との空間は数 $\mu$ m程度であるから、センサの使用環境によっては外部からの振動等で接着してしまうという問題がある。

【0031】本発明は、上述した従来技術の問題に鑑みなされたもので、本発明は洗浄工程、乾燥工程における不良品の発生を防止でき、歩留りを向上できるようにし、かつ完成品の信頼性が向上した角速度センサを提供することを目的としている。

【0032】

【課題を解決するための手段】本発明による角速度センサは、基板と、該基板に支持梁を介して支持され、該基

板に対して水平方向と垂直方向に振動可能に設けられた振動板と、該振動板を前記基板に対し水平方向に振動させる振動発生手段と、該振動発生手段によって前記振動板に水平方向の振動を与えている状態で、コリオリ力による該振動板の垂直方向への変位を検出する変位検出手段とから構成する。

【0033】そして、上述した課題を解決するために、請求項1の発明が採用する構成の特徴は、互いに対向する前記基板と前記振動板との間には、少なくとも一方から他方に向けて突出し、該基板と振動板との間に微小隙間を確保する突起部を形成したことにある。

【0034】請求項2の発明は、前記突起部を、前記基板の表面に形成した絶縁膜をエッチングすることにより形成したことにある。

【0035】請求項3の発明は、前記基板には、前記振動板を内側に収容するように施蓋するカバーを設け、該カバーに前記変位検出手段を設けたことにある。

【0036】請求項4の発明は、前記基板を単結晶のシリコン材料によって形成し、前記支持梁および振動板をポリシリコン材料によって形成したことにある。

【0037】請求項5の発明は、前記基板上に前記突起部を覆うように犠牲層を形成し、さらにリフローを施すことにある。

【0038】

【作用】上記請求項1の構成によれば、振動発生手段により振動板に水平方向の振動が付与され、基板に対して水平振動している振動板に、該振動板の振動軸を回転中心とする角速度が加わると、該振動板はコリオリ力によって垂直方向にもれ振動する。一方、該振動板は変位検出手段によって該振動板の変位を検出しているから、振動板に加わる角速度を検出することができる。さらに、乾燥工程で、振動板と基板との間に水が介在しても、突起部によって各部材間には微小隙間が確保されるから、振動板が基板に張り付いたり、乾燥工程による水の蒸発に伴って接着するのを防止することができる。

【0039】請求項2のように、前記基板の表面の絶縁膜をエッチングして突起部を形成することにより、突起部を簡単に形成することができる。

【0040】請求項3のように、前記基板には、振動板を内側に収容するように施蓋するカバーを設け、該カバーに前記変位検出手段を設けたから、可動部と固定部とを密閉空間内に収容でき、塵埃等の侵入を防止できると共に、変位検出手段も容易に形成できる。

【0041】請求項4のように、シリコン材料により基板上にポリシリコン材料を膜形成し、該ポリシリコン膜をエッチング等を行なうことにより、容易に支持梁、振動板等を形成できる。

【0042】請求項5のように、基板上に前記突起部を覆うように犠牲層を形成し、さらにリフローを施すことにより、犠牲層の表面がなだらかになり、振動板を形成

する際に突起部の形状が裏面に転写されることがなくなるので、突起部の接続防止効果がより向上する。

【0043】

【実施例】以下、本発明の実施例を図1ないし図15に基づいて説明する。

【0044】まず、図1ないし図11に本発明の第1の実施例を示す。

【0045】図中、31は本実施例による角速度センサを示し、該角速度センサ31は従来技術による角速度センサ1とほぼ同様に、後述する絶縁膜33を有する基板32上に形成された一对の支持部5、5、支持梁6、6を介して支持された振動板7を有する可動部4と、該可動部4の振動板7を挟むように設けられた一对の固定部9、9とからなり、前記振動板に振動を与える振動発生部11、11は振動板7に形成された複数枚の電極板8A、8A、…からなる可動側くし状電極8と、各固定部9に形成された複数枚の電極板10A、10A、…からなる固定側くし状電極10とから構成されている。また、基板32上には検出用電極板13を有するカバー12が前記可動部4、固定部9等を上側から施蓋するように設けられ、前記検出用電極板13と振動板7とによって変位検出部14（図2および図3参照）を構成するようになっている。

【0046】ここで、32は本実施例による基板を示し、該基板32は高抵抗を有する単結晶のシリコン材料によって長方形の板状に形成されている。

【0047】33は絶縁膜を示し、該絶縁膜33は前記基板32の表面に酸化シリコンを膜状に形成し、その中央部には基板32上に絶縁膜33のない空間部33Aとなっている。

【0048】34、34、…は複数個（例えば、5個）の突起部を示し、該各突起部34は前記基板32の空間部33A内に位置し、図1に示すような所定位置に、基板32から振動板7に向けて突出形成されている。また、該各突起部34は後述する絶縁膜33をエッチングする処理を施すことによって、空間部33Aと各突起部34とを形成するようになっている。

【0049】次に、製造方法について、図4ないし図11に基づいて前述した角速度センサ31の製造方法について述べる。

【0050】まず、絶縁膜形成工程では、図4に示すような高抵抗なシリコン基板41を用いて、該シリコン基板41の表面に酸化膜または窒化膜からなる絶縁膜42を着膜形成する（図5参照）。なお、前記シリコン基板41にはシリコンウェハが用いられているから、1度の製造工程で複数個の角速度センサ31を製造できる。

【0051】次に、絶縁膜パターンニング工程では、フォトリソグラフィ技術を用いて、前記絶縁膜42上に形成したレジスト（図示せず）にパターン成形し、このとき少なくとも振動部7に対応する部分に空間部33Aと

複数の突起部 34 が形成されるようにパターンニングした後に、絶縁膜 42 にエッチング処理を施す（図 6 参照）。

【0052】次に、犠牲層形成工程では、図 7 に示すように、CVD 等の手段によって、リンドープの  $\text{SiO}_2$  膜からなる犠牲層 43 をシリコン基板 41 の突起部 34 を覆うように成膜する。

【0053】さらに、950 度付近でリフローすることにより、各突起部 34 によって凹凸になった犠牲層 43 の表面を溶解してなだらかな表面とする（図 8 参照）。

【0054】また、シリコン層形成工程では、図 9 に示すように、CVD 等の手段によって、ポリシリコン層 44 をシリコン基板 41 上の絶縁膜 42 またはリフロー層 44 上に形成する。なお、前記ポリシリコン層 44 はリン等を拡散することにより低抵抗に形成されている。また、エッチング処理によってパターンニングし、前記ポリシリコン層 44 に可動部 4、固定部 9 等を分離形成する。

【0055】さらに、犠牲層除去工程では、図 10 に示すように、HF 水溶液（濃度は  $\text{H}_2\text{O} : \text{HF} = 50 : 1$ ）を用いたウェットエッチング等の手段によって犠牲層 43 を除去した後に、洗浄・乾燥工程を行う。

【0056】上述した製造工程により、基板 41 上に絶縁膜 42 を介してポリシリコン層 44 による可動部 4、固定部 9 が形成される。さらに、図 11 に示すように、カバー接合工程では、カバー 12 をシリコン基板 41 上に陽極接合または接着剤等によって接合することにより、角速度センサ 31 が完成する。

【0057】このように形成される角速度センサ 31 においては、従来技術と同様に、振動板 7 は前述した数 2 のコリオリ力によって上、下に振動し、この振動板 7 による振動変位を検出用電極板 13 と振動板 7 との間の静電容量の変化として検出し、角速度  $\Omega$  を検出するようになっている。

【0058】然るに、本実施例では、絶縁膜 42 をエッチングすることにより複数の突起部 34 を形成したから、HF 水溶液によるウェットエッチングを行なって犠牲層 43 を除去した後の、乾燥工程で振動板 7 と基板 32 との間に水が介在しても、各突起部 34 の先端が振動板 7 に当接して微小隙間を確保することができ、この微小隙間から水を逃すことにより、振動板 7 と基板 32 とが張り付いたり、乾燥工程で水の蒸発に伴って接近し、これらが分離不可能に固着されてしまうのを確実に防止することができる。

【0059】この結果、本実施例によれば、角速度センサ 31 の不良品を著しく削減し、歩留りを大幅に向上させることができる。

【0060】また、本実施例のような角速度センサ 31 の構造にすることによって、乾燥工程では、凍結乾燥や二酸化炭素の超臨界状態を利用して乾燥させる方法に比

べて一番コストが安く、作業が簡単なスピンドライ方法を採用することができ、角速度センサ 31 のコストを低減することができる。

【0061】さらに、シリコン基板 41 に犠牲層 43 を形成する犠牲層形成工程と、ポリシリコン層 44 を形成するシリコン層形成工程との間に、犠牲層 43 をリフローして表面がなだらかなるリフロー工程を行なうことにより、犠牲層 43 上に形成されるポリシリコン 44 と該犠牲層 43 との接触面をほぼフラットにすることができ、ポリシリコン 44 即ち振動板 7 の下面をほぼ水平面とすることができ、突起部 34 との接触面積を先端部分のみで小さくでき、確実に振動板 7 と基板 32 との間に微小隙間を形成することができる。

【0062】一方、このリフロー工程を行なわない場合には、突起部 34 の形状がポリシリコン 44 の下面にも形成され、振動板 7 と突起部 34 との接触面積が先端部分と側面となってしまう、突起部 34 と振動板 7 とを固着してしまう虞れがあり、これをリフロー処理によって確実に回避することができる。

【0063】次に、図 12 に本発明による第 2 の実施例を示すに、本実施例による角速度センサ 51 の特徴は、突起部 52 を振動板 7 から基板 32 側に向けて突出形成したことにある。なお、前述した第 1 の実施例と同一の構成要素に同一の符号を付し、その説明を省略するものとする。

【0064】然るに、本実施例による角速度センサ 51 においても、前述した第 1 の実施例と同様の作用効果を得ることができる。

【0065】さらに、図 13 に本発明による第 3 の実施例を示すに、本実施例による角速度センサ 61 の特徴は、基板 32 から振動板 7 に向けて突出形成された突起部 62 と、振動板 7 から基板 32 に向けて突出形成された突起部 63 とを形成し、各突起部 62、63 を交互に配置したことにある。なお、前述した第 1 の実施例と同一の構成要素に同一の符号を付し、その説明を省略するものとする。

【0066】然るに、本実施例による角速度センサ 61 においても、前述した第 1 の実施例と同様の作用効果を得ることができる。

【0067】次に、図 14 および図 15 は第 4 の実施例を示すに、本実施例の特徴は振動板を一对有し、該各振動板が音叉振動する角速度センサとしたことにある。なお、前述した第 1 の実施例と同一の構成要素に同一の符号を付し、その説明を省略するものとする。

【0068】図中、71 は本実施例による角速度センサを示し、該角速度センサ 71 は、高抵抗を有するシリコン材料によって形成され、絶縁膜 73 が着膜形成された基板 72 と、該基板 72 上にはポリシリコン材料を半導体微細加工技術を利用して加工することによって形成された後述の音叉振動子 77、固定部 83、84、84 か

ら大略構成されている。

【0069】74は低抵抗のポリシリコンによって形成された可動部を示し、該可動部74は長手方向に対向して絶縁膜73を介して設けられた後述する一対の支持部75、75と、該各支持部75に支持梁76を介して支持され、振動板78、78を有する杵状の音叉振動子77、77とから大略構成されている。

【0070】75、75は支持部を示し、該各支持部75は絶縁膜73を介して前記基板72上の前後方向に離間して設けられ、該各支持部75には前後方向に向けて伸長する4本の支持梁76、76、…が一体形成されている。

【0071】77は各支持梁76を介して支持された杵状の音叉振動子を示し、該音叉振動子77は、左右方向に離間して設けられた一対の振動板78、78と、該各振動板78の左、右両側面に形成され、それぞれ左右方向に伸長する振動側くし状部79、79と、前記各振動板78から前後方向両側に向けて伸長する8本の第1の腕部80、80、…と、各第1の腕部80の先端側と前記支持梁76の先端側とを連結して左右方向に伸びる第2の腕部81、81とからなる。また、前記各振動板78には上下方向に貫通するスルホール82、82、…が設けられ、該各振動板78が上下方向に変位するときの空気抵抗を低減する。

【0072】83、84、84は基板72上に絶縁膜73を介して固着された固定部を示し、該固定部83は前記振動板78の間（即ち基板72の中央部）に位置して設けられ、各固定部84は基板72の左右両側に位置して設けられている。また、中央部に位置した該固定部83の左、右両側面には、前記各振動板78の振動側くし状部79に対向し、該振動側くし状部79と隙間を介して噛合う固定側くし状部85、85が形成されている。一方、前記各固定部84の内側側面には、前記各振動板78の振動側くし状部79に対向し、該振動側くし状部79と隙間を介して噛合う固定側くし状部86、86がそれぞれ形成されている。

【0073】87、87は固定部83を挟んで左右の振動板78、78との間に設けられた振動発生手段としての振動発生部を示し、該各振動発生部87は各振動側くし状部79と各固定側くし状部85とから構成されている。そして、各振動側くし状部79と各固定側くし状部85とに振動駆動信号が印加されると、これらの間に発生する静電力によって各振動板78が矢示A1、A2方向に振動する。

【0074】一方、88、88は振動板78、78と固定部84、84との間にそれぞれ設けられた振動発生手段としての振動発生部を示し、該各振動発生部88は振動側くし状部79と固定側くし状部86から構成されている。そして、各振動側くし状部79と固定側くし状部86とに振動駆動信号が印加されると、これらの間に発

生する静電力によっても各振動板78が矢示A1、A2方向に振動する。

【0075】89、89は音叉振動子77の各振動板78上にそれぞれ設けられた一対の振動側電極板を示し、該各振動側電極板89は各振動板78に絶縁膜を介して形成されている。また、該各振動側電極板89にはリード線を介して外部の信号処理回路（いずれも図示せず）に接続され、該振動側電極板89は後述する検出用電極板91との間の静電容量を検出するようになっている。なお、該各振動側電極板89に接続されたリード線は、各第2の腕部81、各第1の腕部80および支持梁76等の上側表面にパターニングされており、各支持部75を介して外部の信号処理回路に接続されている。

【0076】90は基板72を上側から施蓋するように設けられたカバーを示し、該カバー90はその内側に前記音叉振動子77、固定部83、84、84等を收容し、外部から異物や液体が侵入するのを防止する。

【0077】91、91は図15に示すようにカバー90の内部側に位置し、前記各振動側電極板89と対向する位置に配設された検出用電極板を示し、該各検出用電極板91は該振動側電極板89によって変位検出手段となる変位検出部92を構成し、該変位検出部92は前述した信号処理回路に接続され、前記振動側電極板89と検出用電極板91との間の静電容量を検出するようになっている。

【0078】93、93、…は本実施例による突起部を示し、該各突起部93は基板72から各振動板78に向けて複数個突出形成され、振動板78が基板72に密着するのを防止している。

【0079】このように構成される本実施例の角速度センサ71においては、各支持部75、各支持梁76および音叉振動子77をポリシリコンによって一体形成することによって、各支持梁76および音叉振動子77を基板72上に浮遊した状態で支持しているから、支持梁76および各腕部80、81の張力により、各振動板78は左右方向（基板72に対して水平方向）と上下方向（垂直方向）に振動可能となっている。

【0080】次に、本実施例による角速度センサ71の角速度検出動作について述べるに、まず、各振動発生部87、88に振動駆動信号を印加すると、各振動側くし状部79と各固定側くし状部85との間、各振動側くし状部79と各固定側くし状部86との間に静電力が生じ、各振動板78が図中の矢示A1、A2のように互いに逆方向に同じ大きさで音叉振動する。この状態で、音叉軸Y-Yを軸中心に角速度 $\Omega$ で回転すると、各振動板78には音叉軸Y-Yに直交する方向にコリオリ力F1、F2（慣性力）が発生する。また、このコリオリ力F1、F2によって振動板78にもれ振動が生じるため、各振動側電極板89と対向する各検出用電極板91との間の離間距離が変化し、これにより両者間の静電容



量が変化する。これを角速度の検出信号として外部の信号処理回路に出力する。

【0081】そして、本実施例による角速度センサ71においては、前述した第1の実施例と同様に、製造工程における振動板78と基板72との固着を防止できる等の作用効果を得ることができる。

【0082】なお、前記第4の実施例においても、前述した第2、3の実施例のように、突起部93の位置は振動板78側または、振動板78、基板72側に形成するようにしてもよいことは勿論である。

【0083】また、前記各実施例では、振動発生手段と変位検出手段とは、静電力を利用したが、本発明はこれに限らず、圧電体等を用いて振動発生と変位検出を行なうようにしてもよい。

【0084】さらに、前記各実施例では、絶縁膜33(73)を酸化膜によって形成した場合について述べたが、本発明はこれに限らず、窒化膜、酸化膜+窒化膜で構成するようにしてもよい。

【0085】また、前記各実施例では、突起部34(52、62、63、93)を5個形成するようにしたが、1個、2個、3個、4個、6個、…でもよいが、本発明では、先端面積が大きい突起部において個数を増やした場合には、従来技術の接触面積とほぼ同一となったときには突起部と振動板7とが固着して本発明の効果は低減し、一方、先端面積が小さい突起部において個数を減らした場合には、振動板7が傾斜して基板32と固着する虞れがあるため、突起部の数と先端部の面積の関係から、振動板7の面積と基板32との距離によって設定する必要がある。

【0086】

【発明の効果】以上詳述した通り、請求項1の発明によれば、振動発生手段により振動が付与され、基板に対して水平振動している振動板に、該振動板の振動軸を回転中心とする角速度が加わると、該振動板はコリオリ力によって垂直方向にもれ振動し、該振動板の変位は変位検出手段によって検出されるから、振動板に加わる角速度を検出することができる。さらに、角速度センサの製造方法のうち、乾燥工程において、振動板と基板との間に水が介在した場合でも、振動板と基板とのうち、少なくとも一方から他方に向けて突起部を形成したから、該突起部によって各部材間に微小隙間を確保することができ、振動板が基板に張り付いたり、乾燥工程による水の蒸発に伴って接着するのを防止することができ、不良品を削減し、歩留りを向上することができる。

【0087】請求項2では、前記基板の表面の絶縁膜をエッチングして突起部を形成することにより、製造工程の途中で突起部を簡単に形成することができる。

【0088】請求項3では、前記基板には、振動板を内側に收容するように施蓋するカバーを設け、該カバーに前記変位検出手段を設けたから、可動部と固定部とを密

閉空間内に收容でき、塵埃等の侵入を防止できると共に、変位検出手段も容易に形成できる。

【0089】請求項4では、シリコン材料により基板上にポリシリコン材料を膜形成し、該ポリシリコン膜をエッチング等を行なうことにより、シリコンのエッチング技術(マイクロマシニング技術)を用いて容易に支持梁、振動板等を形成することができる。

【0090】請求項5では、基板上に突起部を覆うように犠牲層を形成し、さらにリフローを施したので、犠牲層の表面がなだらかになり、振動板を形成する際に突起部の形状が裏面に転写されることがなくなるので、突起部の接着防止効果がより向上できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施例による角速度センサをカバーの一部を破断にして示す斜視図である。

【図2】図1中の矢示II-II方向からみた縦断面図である。

【図3】図1中の矢示III-III方向からみた縦断面図である。

【図4】角速度センサの製造工程に用いられるシリコン基板を示す縦断面図である。

【図5】シリコン基板に絶縁膜を形成する絶縁膜形成工程を示す縦断面図である。

【図6】絶縁膜形成工程に続く絶縁膜パターンニング工程を示す縦断面図である。

【図7】絶縁膜パターンニング工程に続く犠牲層形成工程を示す縦断面図である。

【図8】犠牲層形成工程に続くリフロー工程を示す縦断面図である。

【図9】リフロー工程に続くシリコン層形成工程を示す縦断面図である。

【図10】シリコン層形成工程に続く犠牲層除去工程を示す縦断面図である。

【図11】シリコン基板にカバーを接合する前の状態を示す縦断面図である。

【図12】本発明の第2の実施例による角速度センサを示す縦断面図である。

【図13】本発明の第3の実施例による角速度センサを示す縦断面図である。

【図14】本発明の第4の実施例による角速度センサをカバーの一部を破断にして示す斜視図である。

【図15】図14中の矢示XV-XV方向からみた縦断面図である。

【図16】従来技術による角速度センサをカバーの一部を破断にして示す斜視図である。

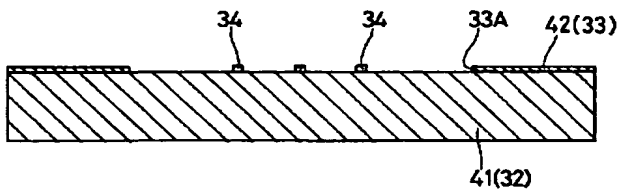
【図17】図16中の角速度センサを上面からみた平面図である。

【図18】図17中の矢示XVIII-XVIII方向からみた縦断面図である。

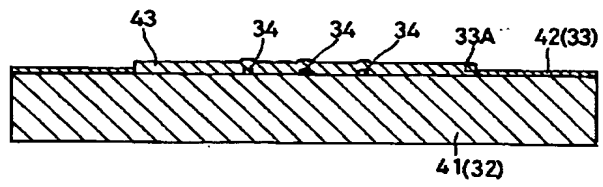
【図19】図17中の矢示XIX-XIX方向からみた縦断



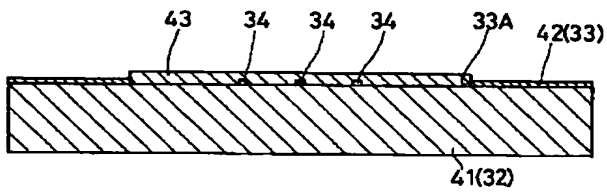
【図 6】



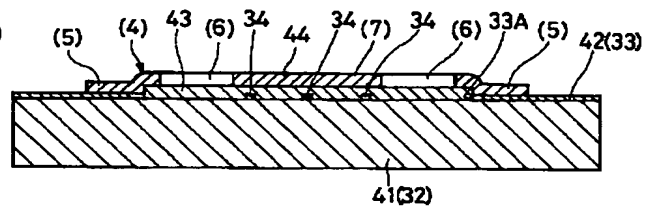
【図 7】



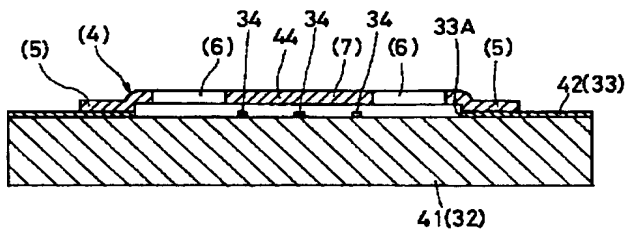
【図 8】



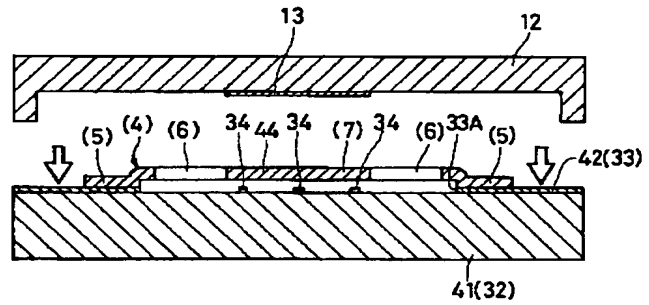
【図 9】



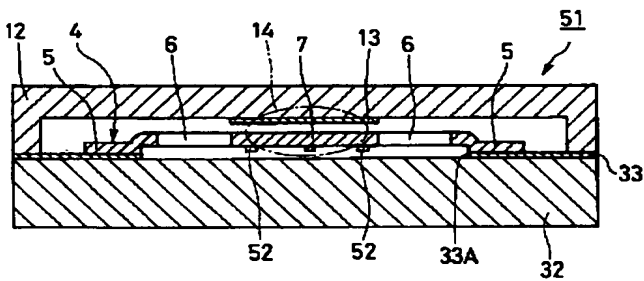
【図 10】



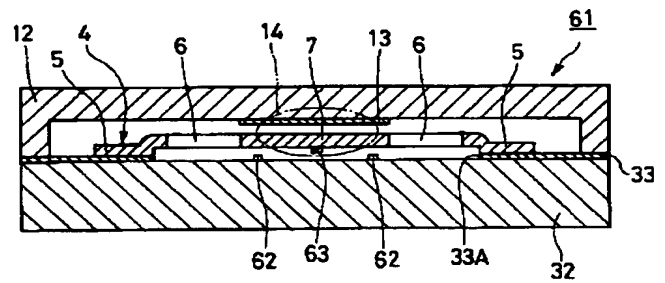
【図 11】



【図 12】



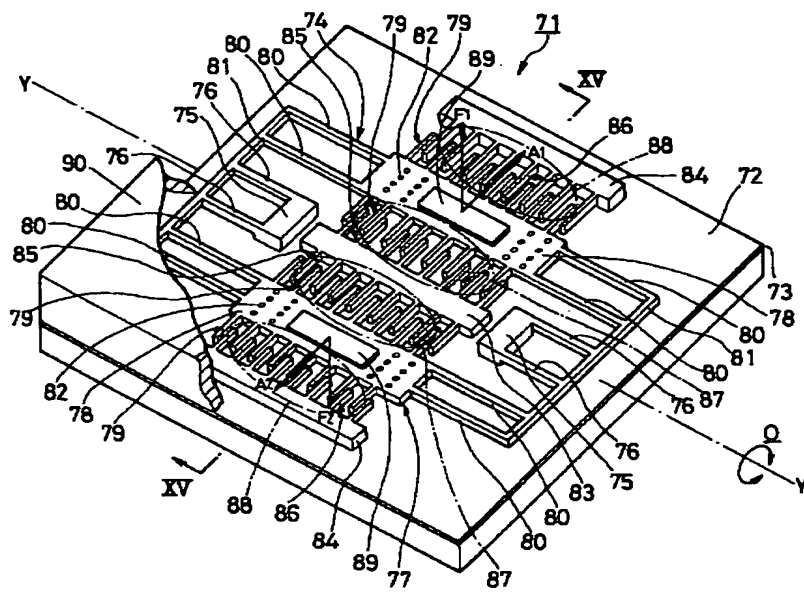
【図 13】



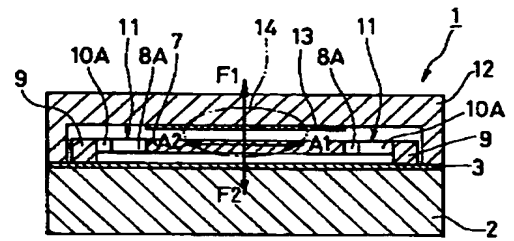
【図 21】



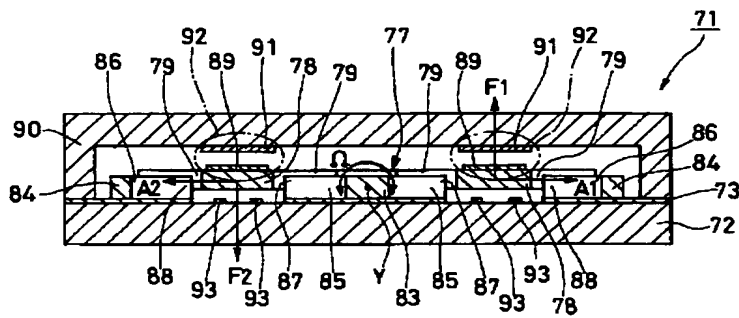
【図14】



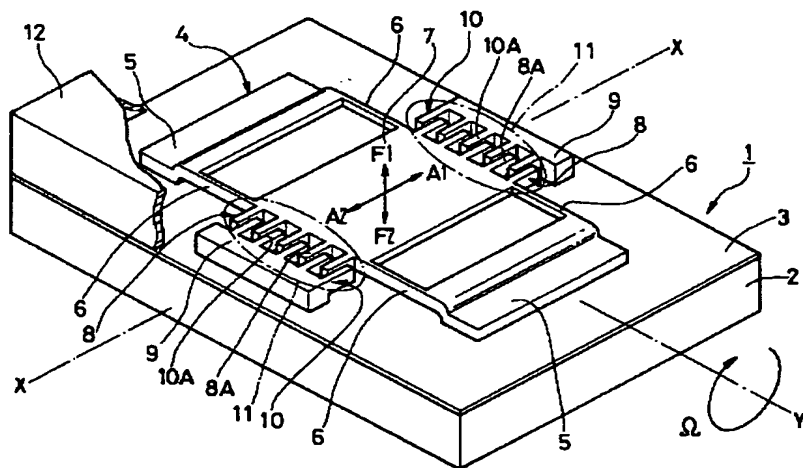
【図18】



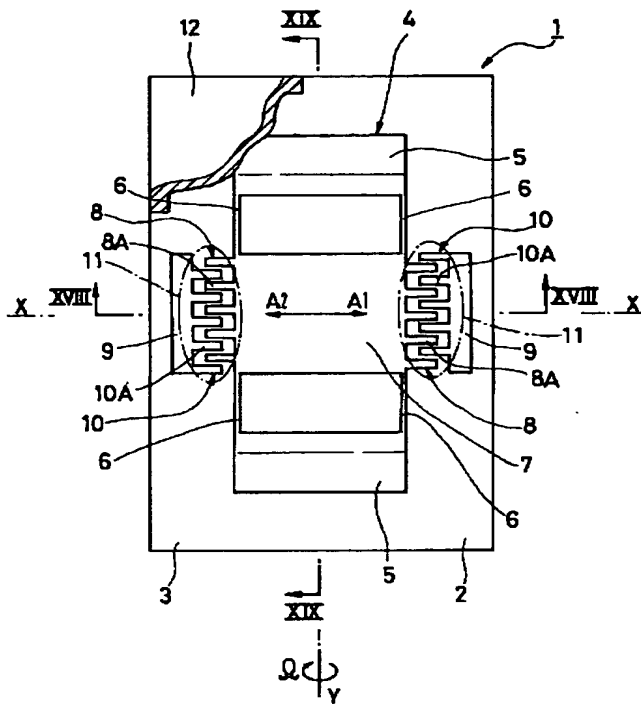
【図15】



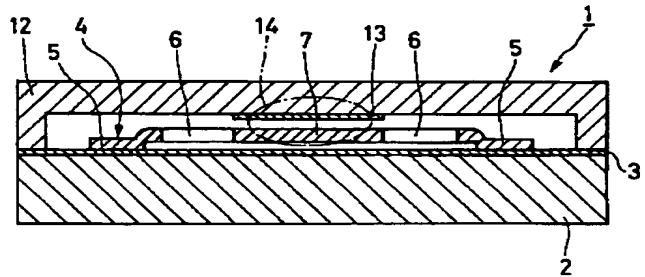
【図16】



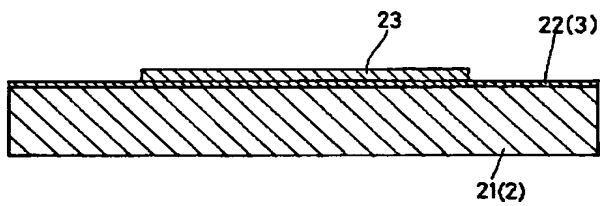
【図 17】



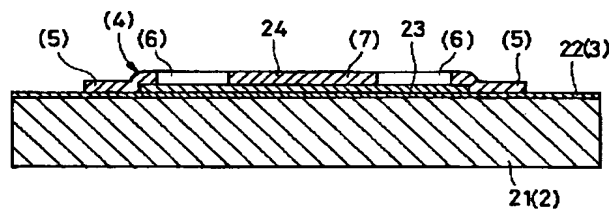
【図 19】



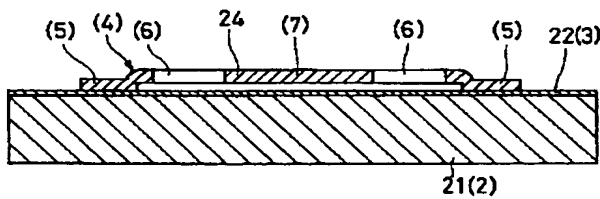
【図 22】



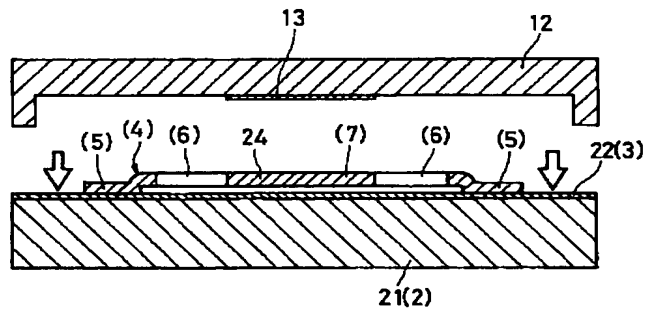
【図 23】



【図 24】



【図 25】



フロントページの続き

(72)発明者 厚地 健一  
京都府長岡京市天神二丁目26番10号 株式  
会社村田製作所内

(72)発明者 田中 克彦  
京都府長岡京市天神二丁目26番10号 株式  
会社村田製作所内